

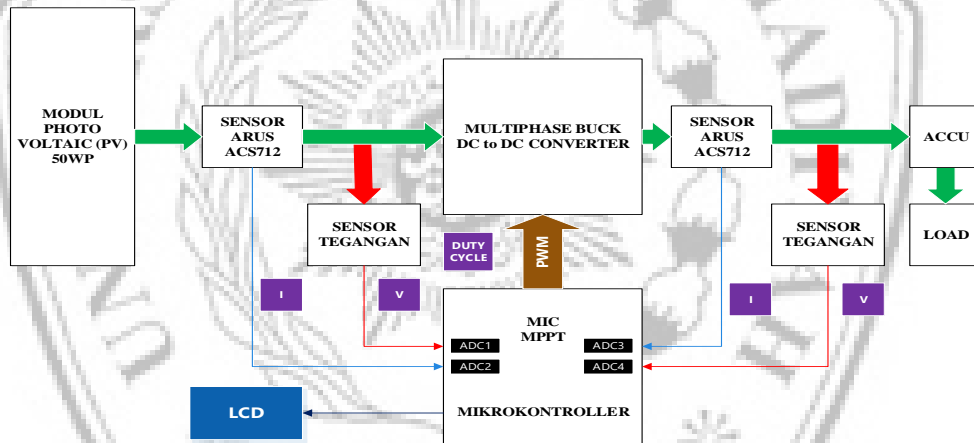
BAB III

ANALISA DAN DESAIN

Pada bab 3 akan memuat rancangan pada sistem *photovoltaic* yang menggunakan MPPT *Modified Incremental Conductance* yang dikombinasikan dengan *Multiphase Buck Converter*. Kemudian dibuat juga pemodelan dari *Buck Converter* yang bertujuan sebagai pembanding untuk dilihat performanya. Dan pada bab 3 ini akan dijelaskan juga mengenai pembuatan model simulasi dengan menggunakan Matlab/ Simulink untuk setiap sistem serta perancangan untuk implementasi.

3.1 Desain Sistem

Berikut adalah desain keseluruhan sistem yang akan dibuat,



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

Pada gambar 3.1 dapat dijelaskan, pada simulasi akan menggunakan model PV dari *library* matlab yang spesifikasinya disamakan dengan PV pada implementasi, kemudian pemodelan pada MPPT dan konverter dengan beban berupa resistor. Pada implementasi PV yang digunakan *Monocrystalline* 50WP, *mikrokontroller* arduino uno, dan *multiphase buck converter*. Pada sensor akan digunakan acs712 untuk sensor arus dan prinsip pembagi tegangan untuk sensor tegangan, kemudian LCD 16x2 untuk menampilkan output tegangan dan arus.

3.2 Perancangan Photovoltaic

Pada simulasi dan implementasi modul PV menggunakan tipe *Monocrystalline*, Pada beban atau *load* menggunakan *Light Emiting Diode* (LED) dengan spesifikasi 40Watt, 12Volt. Pada baterai memiliki spesifikasi sebesar 12Volt, 6Ampere. *Multiphase Buck Converter* memiliki efisiensi hingga 92%. Sehingga persamaan kapasitas *load* dan efisiensi dihasilkan daya *input*, $P_{in} = 40\text{Wh}/0,92 = 43,47\text{Wh}$. Berdasarkan nilai P_{in} maka PV yang akan digunakan adalah sebesar 50W. Berikut spesifikasi pada PV.

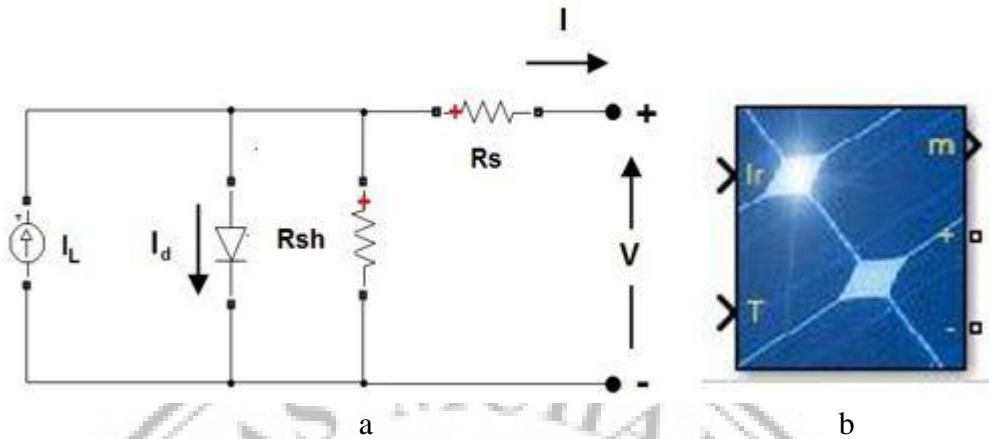
Tabel 3.1 Parameter modul PV tipe *Monocrystalline* model XHGD-50W

MONOCRYSTALLINE	
Model XHGD – 50W	
<i>P_m</i>	50 W
<i>V_{oc}</i>	21.6 V
<i>I_{sc}</i>	3.12 A
<i>V_{mp}</i>	17.8 V
<i>I_{mp}</i>	2.8 A
<i>Power Tolerance</i>	±3%
<i>Maximum Overcurrent Rating</i>	10 A
<i>Maximum System Voltage</i>	1000VDC
<i>Application Class</i>	Class A
<i>Test Condition</i>	AM 1.5, 1000 W/m ² 25°C

3.2.1 Pemodelan Photovoltaic

Jenis struktur pemodelan yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan pemodelan *solar cell* yang tersedia di MATLAB simulink R2016a yang dibuat oleh *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) *System Advisor Model* (Jan.2014).

Secara garis besar pemodelan *solar cell* ini didapatkan dari persamaan-persamaan yang telah disesuaikan dengan karakteristik sel surya itu sendiri.



Gambar 3.2 a. Skema PV Array Blok b. PV Array Blok

Pada gambar 3.2 modul PV memiliki persamaan matematika karakteristik dioda I-V untuk satu modul yaitu,

$$I_d = I_o \left[\exp \left(\frac{V_d}{V_T} \right) - 1 \right] \quad (3.1)$$

$$V_T = \frac{kT}{q} \times nI \times N_{cell} \quad (3.2)$$

Dimana:

I_d = Arus dioda (A)

V_d = Tegangan dioda (V)

I_o = Arus saturasi dioda (A)

nI = Faktor ideal dioda, sebuah angka mendekati 1.0

k = Boltzman constan = 1.3806×10^{-23} J.K⁻¹

q = Electron charge = 1.6022×10^{-19} C

T = Suhu cell (K)

N_{cell} = Jumlah cell yang terhubung seri pada modul

Adapun parameter yang perlu diisi untuk menyesuaikan spesifikasi modul PV yang diinginkan, gambar 3.3 menunjukkan parameter pada model PV.

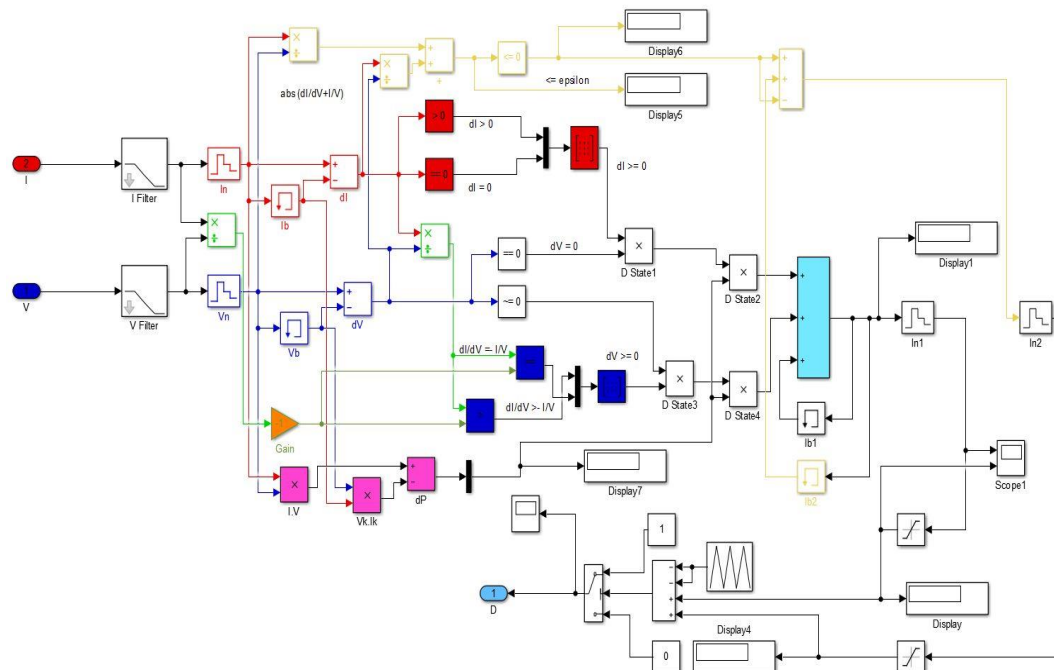
Parameters		Advanced
Array data		
Parallel strings	1	
Series-connected modules per string	1	
Module data		
Module:	User-defined	
Maximum Power (W)	Cells per module (Ncell)	
49.84	60	
Open circuit voltage Voc (V)	Short-circuit current Isc (A)	
21.6	3.12	
Voltage at maximum power point Vmp (V)	Current at maximum power point Imp (A)	
17.8	2.80	
Temperature coefficient of Voc (%/deg.C)	Temperature coefficient of Isc (%/deg.C)	
-0.36099	0.102	
Model parameters		
Light-generated current IL (A)	3.1321	
Diode saturation current IO (A)	1.1353e-10	
Diode ideality factor	0.5846	
Shunt resistance Rsh (ohms)	99.193	
Series resistance Rs (ohms)	0.38418	
Display I-V and P-V characteristics of ... one module @ 25 deg.C & specified irradiances Irradiances (W/m2) [1000 500 100] Plot		

Gambar 3.3 Parameter pada Modul PV

Setelah memasukan parameter, maka dapatlah dilakukan pengujian modul, dengan parameter masukannya adalah suhu (T) dan intensitas cahaya (Ir). Pengujian validasi dan estimasi yang dilakukan adalah dengan memberikan masukan parameter yang ada yaitu suhu dan intensitas cahaya serta beban (*load*) yang dinaikkan *step-by-step*. Setelah dilakukan maka didapatkan hasil yang dikehendaki.

3.3 Perancangan MPPT *solar cell*

Algoritma konvensional MPPT yang terkenal dan yang sering digunakan adalah metode *hill climbing*, metode *perturb and observe (P&O)*, dan *incremental conductance (InC)*. Untuk pemodelan MPPT sendiri yang digunakan adalah algoritma MPPT dengan pemodelan *Modified incremental conductance* yang merupakan pengembangan dari algoritma konvensional sebelumnya. Perancangan MPPT kontroller berdasarkan gambar 2.5 Kurva P-V *Incremental Conductance* serta cara kerjanya dan gambar 2.6 *Flow Chart Modified Incremental Conductance*, yang mengacu pada persamaan (2.5)- (2.11). Pada simulasi sistem MPPT akan dibuat dengan subsistem model blok. Berikut pemodelan simulasi sistem MPPT ditunjukkan pada gambar 3.4.



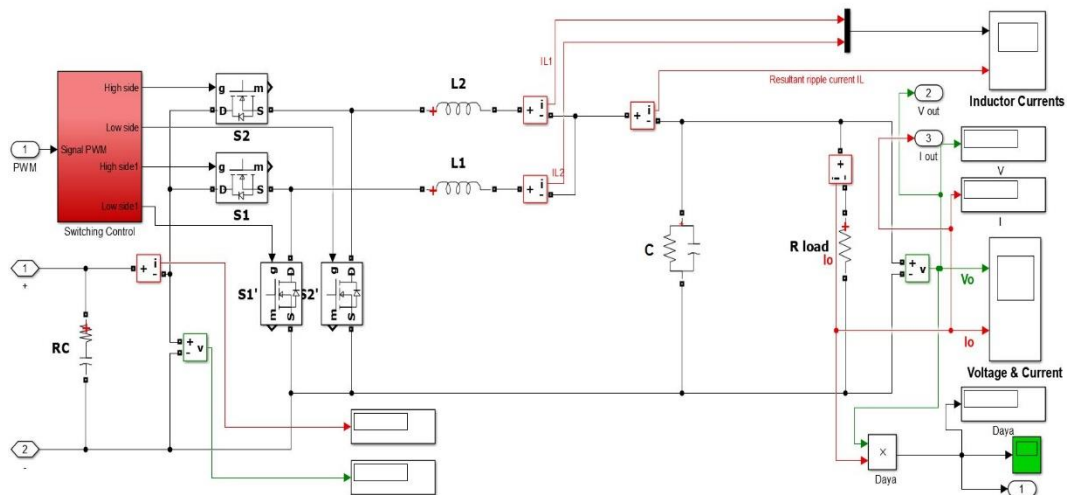
Gambar 3.4 Blok Simulink Pemodelan *Modified Incremental Conductance* Pada implementasi akan menggunakan sebuah *script* dari bahasa pemrograman C++ yang akan diupload pada mikrokontroler.

3.4 Perancangan DC- DC Konverter

DC-DC konverter adalah inti dari *maximum power point tracking* (MPPT). Topologi DC-DC konverter yang ada adalah *buck*, *boost*, *buck-boost*, *cuk*, dan *sepic converter*. Topologi *buck converter* merupakan topologi yang cocok digunakan meregulasi *duty cycle* MPPT karena menurunkan tegangan untuk baterai.

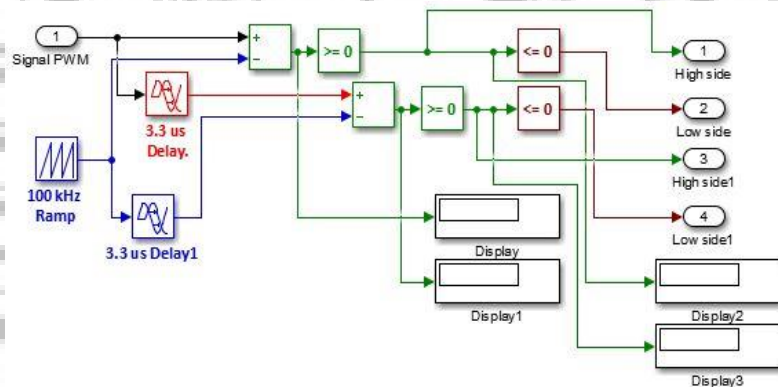
3.4.1 Perancangan *Multiphase Buck Converter*

Pada sistem MPPT yang akan digunakan dalam simulasi dan implementasi adalah *Multiphase Buck Converter*, rancangan desain nilai komponen mengacu pada gambar 2.7b. *Multiphase Buck Converter (Two Phase)* dan rumus (2.18)-(2.22). Pada gambar 3.5 Berikut ditunjukkan pemodelan blok *simulink* pada *Multiphase Buck Converter*.



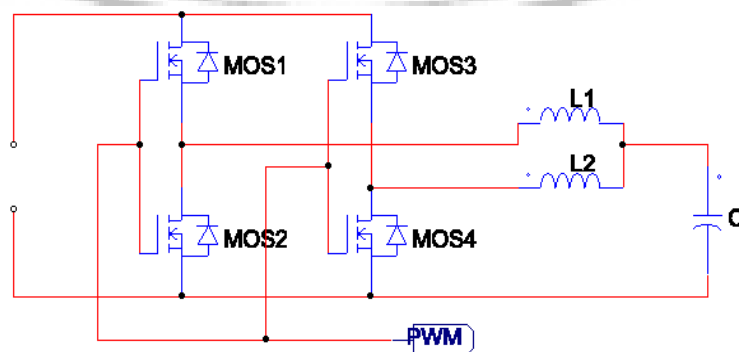
Gambar 3.5 Blok *Simulink* Pemodelan *Multiphase Buck Converter*

Pada gambar 3.5 terdapat *driver* mosfet atau *switching control*, berikut isi subsistem pada *driver* MOSFET ditunjukkan pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Blok *Simulink* Pemodelan *Switching Control*

Adapun skematik rancangan untuk implementasi pada *Multiphase Buck Converter*, skema ditunjukkan pada gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Skema Rangkaian *Multiphase Buck Converter*

Pada gambar 3.7 dapat dijelaskan, bagian *input* diambil dari keluaran modul PV kemudian menggunakan komponen *switching* berupa 4 buah MOSFET yang terhubung ke *driver* serta induktor dan kapasitor sebagai filter, keluaran dari konverter akan menuju ke beban. Berikut perhitungan nilai dari masing- masing komponen berdasarkan parameter pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Parameter *Multiphase Buck Converter*

V_{in} (Voltage Input)	17,8 V
V_{out} (Voltage Output)	14,4 V
F (Frequency)	40 Khz

Duty Cycle

$$D = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{14,4}{17,8} = 0,808$$

Induktor

$$L > \frac{V_o \times (1-D)}{2 \times I_{omin} \times f_s} = \frac{14,4 \times (1-0,808)}{2 \times 1,5 \times 40 KHz} = 0,276 \mu H$$

$$L = \frac{V_o \times (1-D)}{\Delta I_{lph} \times f_s} = \frac{14,4 \times 0,192}{0,75 \times 40 KHz} = \frac{2,7648}{30000} = 92,16 \mu H$$

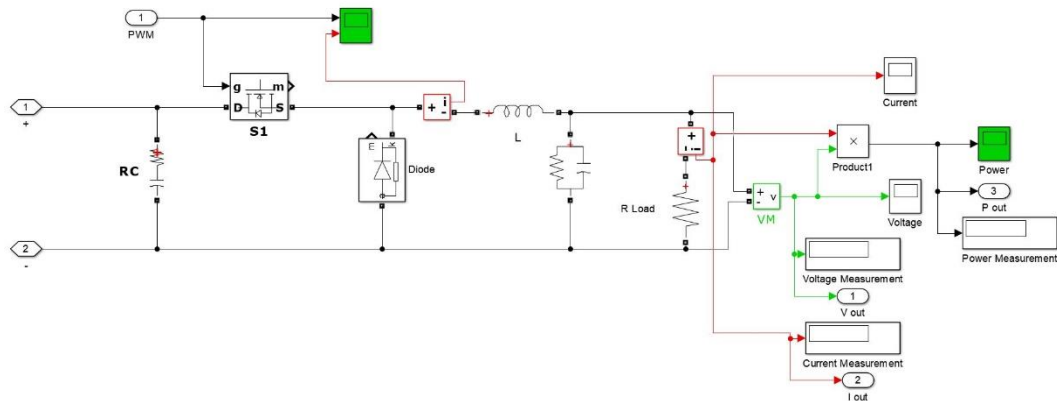
$$\Delta I_L = K_{norm} \times K_{rcm} = \frac{V_o \times K_{rcm}}{L \times f_s} = \frac{14,4 \times 0,45}{92,16 \mu H \times 40 KHz} = 2,8 mA$$

Kapasitor

$$C \geq \frac{\Delta I_L}{8 \times f_s \times \Delta V_o} = \frac{2,8 mA}{8 \times 40 KHz \times (13,2 \times 10^{-3})} = 0,662 \mu F$$

3.4.2 Perancangan *Buck Converter*

DC- DC konverter ini dapat mengubah tegangan DC pada nilai tertentu menjadi tegangan DC yang lebih kecil (*Step-Down*), konvensional *Buck Converter* pada sistem MPPT ini digunakan sebagai pembanding dengan *Multiphase Buck Converter* untuk dilihat performanya, bagaimana respon transien, osilasi, serta keadaan *steady state*. Perancangan nilai dari komponen mengacu pada gambar 2.9 *Buck Converter* dan rumus (2.23)- (2.28). Pada gambar 3.8 ditunjukkan pemodelan *simulink* dari *Buck converter* sebagai berikut.



Gambar 3.8 Blok *Simulink* Pemodelan *Buck Converter*

Berikut perhitungan nilai dari masing- masing komponen berdasarkan parameter pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Parameter *Buck Converter*

V_{in} (Voltage Input)	17,8 V
V_{out} (Voltage Output)	14,4 V
F (Frequency)	40 Khz

Duty Cycle (D)

$$D = \frac{V_{out} \times n}{V_{in(max)}} = \frac{14,4 \times 85\%}{17,8} = 0,68$$

Induktor (L)

$$\Delta I_L = \frac{(V_{in(max)} - V_{out}) \times D}{f_s \times L} = \frac{(17,8 - 14,4) \times 0,68}{40000 \times 330 \times 10^{-6}} = 0,00190 \text{ mA}$$

$$L = \frac{V_{out} \times (V_{in} - V_{out})}{\Delta I_L \times f_s \times V_{in}} = \frac{14,4 \times (17,8 - 14,4)}{0,00190 \times 10^{-6} \times 40000 \times 17,8} = 1,35 \mu H$$

Dioda (D)

$$I_{D} = I_{out(max)} \times (1 - D) = 2,8 \times (1 - 0,68) = 0,896 \text{ A}$$

$$P_d = I_F \times V_F = 0,896 \times 0,7 = 0,62 \text{ W}$$

Kapasitor (C)

$$\Delta V_{out(ESR)} = ESR \times \Delta I_L = 100 \times 0,00190 \times 10^{-6} = 1,9 \times 10^{-4} \text{ V}$$

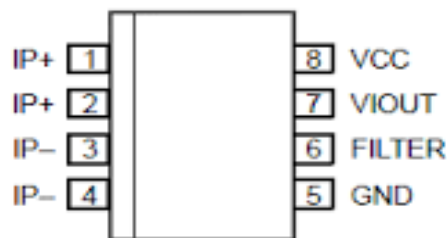
$$C_{out(min)} = \frac{\Delta I_L}{8 \times f_s \times \Delta V_{out}} = \frac{0,00190 \times 10^{-6}}{8 \times 40000 \times 1,9 \times 10^{-4}} = 1,80 \mu F$$

3.5 Perancangan Sensor

Pada sistem terdapat dua buah sensor pada input yang berfungsi membaca arus dan tegangan dari PV sebagai inputan MPPT pada kontroller, kemudian dua sensor pada *output* yang berfungsi membaca keluaran dari konverter untuk di tampilkan pada *display*, pada simulasi sensor sudah tersedia pada *library simulink* matlab, tetapi pada implementasi akan dirancang sesuai kebutuhan, berikut perancanganya.

➤ Sensor Arus = Pada sistem yang akan dibuat sensor arus akan menggunakan sebuah modul sensor ACS712, sensor arus ini bekerja berdasarkan efek medan. Sensor ini dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil. Berikut spesifikasi ACS712.

1. Waktu kenaikan perubahan keluaran = 5 μ s
2. Lebar frekuensi sampai dengan 80 kHz
3. Total kesalahan keluaran 1,5% pada suhu kerja TA= 25°C
4. Tahanan konduktor internal 1,2 m Ω
5. Tegangan isolasi minimum 2,1 kVRMS antara pin1-4 dan pin 5-8
6. Sensitivitas keluaran 185 mV/A
7. Mampu mengukur arus AC atau DC hingga 5 A
8. Tegangan keluaran proporsional terhadap masukan arus AC atau DC
9. Tegangan kerja 5 VDC

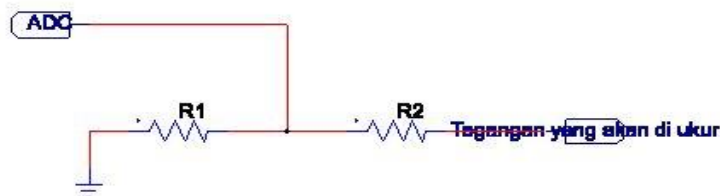


Gambar 3.9 Sensor Arus ACS712

Tabel 3.4 Konfigurasi PIN ACS712

Pin Sensor ACS712	Fungsi
IP+	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekering di dalamnya
IP-	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekering di dalamnya
GND	Terminal sinyal ground
FILTER	Terminal untuk kapasitor eksternal yang berfungsi sebagai pembatas bandwitch
VIOUT	Terminal keluaran sinyal analog
VCC	Terminal masukan catu daya

- Sensor Tegangan = Untuk mengukur sebuah tegangan yang masuk ke *port Analog to Digital Conversion* (ADC) terdapat rumus yang harus diketahui, yang pertama yaitu rumus untuk mencari tegangan dari 2 resistor (Rangkaian pembagi tegangan) seperti Gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10 Rangkaian Sensor Tegangan

Untuk mendapatkan tegangan keluaran dari rangkaian pembagi tegangan diatas menggunakan rumus yang sederhana yaitu :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in} \quad (3.3)$$

Pada perhitungan akan diasumsikan tegangan yang akan diukur mulai 0 volt sampai 27 volt dan ADC mikrokontroler 5 volt maka tegangan harus diturunkan dengan pembagi tegangan, berikut perhitunganya.

Tabel 3.5 Parameter Sensor Tegangan

V_{in} (Voltage Input)	27 V
V_{out} (Voltage Output)	5 V
R2	4k7 ohm

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

$$5 = \frac{4700}{R_1 + 4700} \times 27$$

$$5(R_1 + 4.700) = 126.900$$

$$5R_1 + 23.500 = 103.400$$

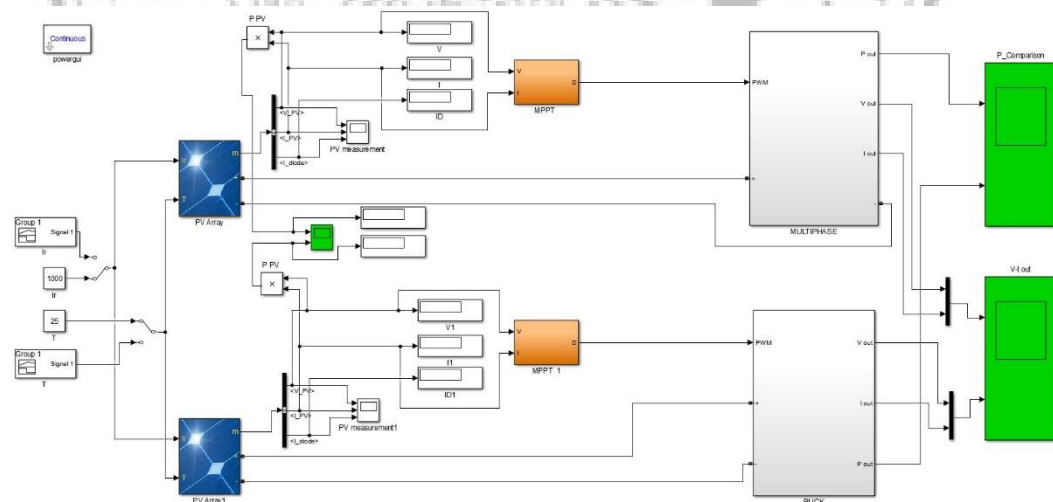
$$5R_1 = 103.400$$

$$R_1 = 20k \text{ ohm}$$

Jadi, $R_1 = 20k \text{ ohm}$ dan $R_2 = 4k7 \text{ ohm}$. Nilai dari R_1 akan menggunakan $22k \text{ ohm}$.

3.6 Hasil Rancangan Simulasi

Setelah merancang bagian- bagian dari setiap blok sistem, maka didapat pemodelan dari keseluruhan sistem dimana sistem *solar cell* dengan menggunakan MPPT kontroller yang dikombinasi dengan konverter dengan desain komponen berdasarkan perhitungan yang telah dibuat, tujuan dari pembuatan simulasi untuk mengetahui bagaimana kinerja dari metode yang digunakan serta melihat performa respon transien, osilasi, dan keadaan *steady state* dari *Multiphase Buck Converter* dan *Buck Converter* sebagai pembanding, pada gambar 3.11 ditunjukkan hasil rancangan keseluruhan pada simulasi.



Gambar 3.11 Blok Simulink Simulasi MPPT Solar Cell